

## 学位申請論文公開講演会

日時：2026 年 1 月 29 日(木) 13:00~

申請者：岩口 翔輝 (Uxg 研)

場所：B5 講義室 および ハイブリッド

接続先の問い合わせ先：kaneda@u.phys.nagoya-u.ac.jp

題目：Development of Ground-Based Detectors for Low-Frequency Gravitational-Wave Observation (低周波重力波観測に向けた地上検出器の開発)

### 主論文の要旨

2015 年の Advanced LIGO による初検出以降、地上レーザー干渉計による重力波観測が進展し、コンパクト連星合体の研究に用いられている。今後は低周波側への帯域拡張が検討され、合体前段階や高質量連星、宇宙初期に由来する背景重力波の探索に寄与すると期待されている。

しかし、地上検出器の低周波感度は地面振動に起因する鏡の動き（変位雑音）で制限される。振り子防振に基づく懸架システムは共振周波数以上で地面振動の伝達を抑える一方、共振周波数以下では低減が得られにくく、懸架の熱雑音も加わって 10 Hz 以下の感度制限要因となる。

本研究では、低周波帯で支配的な変位雑音の影響を低減する測定方式として、変位雑音フリー中性子干渉計（中性子 DFI）を対象に、装置設計・解析と原理検証実験を行った。中性子 DFI は、複数の干渉計出力を組み合わせることで鏡などの変位に由来する雑音を相殺しつつ、重力波に対応する位相変化への応答を残す DFI の原理に基づく。レーザーを用いた DFI では装置内の伝播時間が重力波周期に比べて短く低周波で応答が小さくなるため、速度調整可能な中性子を用いて伝播時間を低周波帯の時間スケールに合わせる構成を検討した。複数の中性子速度を利用して構成を簡略化し、J-PARC のパルス中性子ビームと多層膜中性子ミラーを用いた干渉計で原理検証実験を行った。模擬的に与えた重力波信号と変位雑音に対する解析の結果、重力波信号に対応する成分は保持され、変位雑音は誤差範囲内で相殺されることを確認した。

さらに、関連する低周波雑音低減手法として、ジグリング干渉計についても、装置設計・解析と原理検証実験を行った。ジグリング干渉計は、繰り返し自由落下させた鏡を用いる干渉計で、自由落下区間で試験質量が懸架により支持されないため、懸架を介した地面振動の影響を受けにくい。本研究では、圧電素子で試験質量を駆動し、約 0.1 mm の短い自由落下を反復させる構成を扱い、自由落下時間を短くすることが感度に与える影響を解析的に評価した。さらに、原理検証実験のための実験装置を構築し、自由落下鏡の傾きを約 0.1 mrad に抑えた条件で、約 0.02 秒間の自由落下中に干渉計信号を取得し、自由落下区間で運用を行うための条件を整理した。